

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-230156

(43)Date of publication of application : 26.09.1988

(51)Int.Cl.

A61B 10/00

A61B 10/00

G01N 24/02

(21)Application number : 62-063759

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 20.03.1987

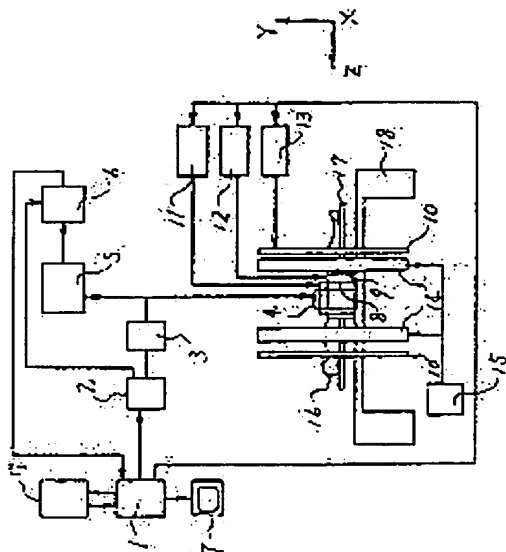
(72)Inventor : YAMAMOTO ETSUJI
KONO HIDEKI

(54) EXAMINATION METHOD USING NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a chemical shift image with high accuracy, by correcting the offset phase error or the frequency error of a high frequency magnetic field for selective excitation generated by the variation of a static magnetic field.

CONSTITUTION: A coil 4 generates a high frequency magnetic field and, at the same time, detects the signal generated from an objective substance 6 and coils 8, 9, 10 generate inclined magnetic fields in a z-direction and the direction right-angled thereto. A computer 1 has a function outputting various orders to each apparatus in definite timing and the output of a high frequency pulse generator 2 is amplified by a power amplifier 3 to excite coil 4. The coil 4 is also used as a receiving coil in combination and the received signal component is detected by a detector 6 through an amplifier 5 and subsequently inputted to the computer 1 to be subjected to signal processing to be converted to an image on a display 7. The generation of a static magnetic field is performed by the coil 14 driven by a power source 15. A human body 16 being a body to be examined is placed on a bed 17 constituted so as to be movable on a support stand 18. The variation of the static magnetic field is calculated from the field intensities preliminarily measured at plural points and the phase error or the frequency error of an exciting high frequency magnetic field accompanied by the measurement of a chemical shift image is corrected.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-230156

⑮ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和63年(1988)9月26日

A 61 B 10/00

3 2 0

T-7437-4C

G 01 N 24/02

Z A A

C-7259-4C

K-7621-2G

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 核磁気共鳴を用いた検査方法

⑰ 特 願 昭62-63759

⑱ 出 願 昭62(1987)3月20日

⑲ 発 明 者 山 本 悦 治 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 発 明 者 河 野 秀 樹 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑰ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

⑱ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

〔従来の技術〕

1. 発明の名称

核磁気共鳴を用いた検査方法

2. 特許請求の範囲

1. 静磁場、傾斜磁場および高周波磁場の各磁場発生手段と、検査対象からの核磁気共鳴信号を検出する信号検出手段と、該信号検出手段の検出信号の演算を行う計算機および該計算機による演算結果の出力手段を有する核磁気共鳴を用いた検査装置において、静磁場の変動を予め計測した複数点の磁場強度から算出することにより、化学シフト像の計測に伴う位相誤差あるいは励起用高周波磁場の周波数誤差を補正することを特徴とする核磁気共鳴を用いた検査方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は核磁気共鳴(以下、「NMR」という)を用いた検査方法および装置に係り、特に磁石の発生する静磁場の経時変化を補正するのに好適なNMRを用いた検査方法に関する。

従来、人体の頭部、腹部などの内部構造を非破壊的に検査する装置として、X線CTや超音波撮像装置が広く利用されて来ている。近年、核磁気共鳴現象を用いて同様の検査を行う試みが成功し、X線CTや超音波撮像装置では得られない情報を取得できることが明らかになって来た。核磁気共鳴現象を用いた検査装置においては、検査物体からの信号を物体各部に対応させて分解・識別する必要がある。その1つに、検査物体に傾斜磁場を印加し、物体各部の置かれた静磁場を異ならせ、これにより各部の共鳴周波数あるいはフェーズ・エンコード量を異ならせることで装置の情報を得る方法がある。

その基本原理については、(ジャーナル・オブ・マグネチック・レゾナンス(Journal of Magnetic Resonance)誌、第18巻(1975)、第69～83頁)にあるいは、フィジックス・イン・メデシン・アンド・バイオロジー(Physics in Medicine & Biology)誌、第25巻(1980)、

特開昭63-230156(2)

第751～756頁に記載されているのでここでは省略する。

このようなイメージングの方法として、化学シフトイメージングがある。化学シフトとは、同一の核種であっても各スピンの感じる磁場がその周囲の分子構造の相違により異なるため、各スピンの共鳴周波数が分子構造上での位置に応じて変化する現象である。化学シフトは被測定体の分子構造に関する情報を与えてくれるため、極めて重要な現象である。化学シフトをイメージングする方法としては、これまで(a)マウスレイ(Maudsley)らにより報告されたフーリエイメージング法の拡張法(ジャーナル・オブ・マグネティック・レゾナンス、第51巻、第147頁(1983))、(b)ディクソン(Dixon)により提案された方法(ラジオグラフィ(Radiology)、第153巻、第189頁(1984))などが代表例としてあげられる。

さて、化学シフトによる共鳴周波数の変化量は数ppm～数10ppm程度である。従つて、化学シ

で、特にイメージングで用いる線材の場合、クエンチングを防止するためマルチフィラメント構成が用いられており、分析用NMR装置の場合に比べその抵抗値は高い。従つて、このような磁石を用いると、1カ月に72ppm程度の磁場変動が生じる。

〔発明が解決しようとする問題点〕

上記従来技術では、このような磁場変動は被検者の計測毎に補正していた。しかし、化学シフトイメージングの1つの方法では、基準試料により静磁場の空間的な不均一を補正する必要があり、被検体とは別にこの基準試料による計測も必要である。この場合、基準試料の計測時の静磁場強度と、被検体の計測時の静磁場強度が異なれば、オフセット位相誤差となる(特願昭60-189652)。また、化学シフトイメージングの他の方法では、特定の化学シフトを有するスピンだけを予め選択的に励起することが行なわれる。この場合にも、静磁場の正確な値が分らなければ、特定の化学シフトだけを励起することができない。(ジエイ・

フトイメージングを行うためには、装置の安定性が前記値に比べて無視できる程小さくなければならない。

NMRにおいては、高周波磁場、静磁場、傾斜磁場の3種類の磁場を用いるが、そのうち、高周波磁場の周波数安定性は極めて高く、 10^{-10} 程度(1万分の1ppm)が容易に達成できる。また、傾斜磁場に関しても、その傾きの変動は0.1%程度あり、画像の位置ずれあるいはアーチファクト増大の原因となるが、化学シフトイメージングにおいては特に問題とならない。

最も重大な影響を及ぼすのが静磁場の安定性である。イメージングで用いられる磁石には超伝導磁石、常伝導磁石、永久磁石がある。後者の2つは周囲の温度によりイメージング期間でも数ppm程度磁場強度が変化し、化学シフトイメージングには用いることができない。一方、前者の超伝導磁石は一般に極めて安定性が高いとされているが、それでも0.1ppm/hr程度で減衰する。これは主に超伝導線の接線部の有する抵抗によるもの

フラム他、ラジオロジー、(J.Frahm et al., Radiology) 156, 441-444(1985)参照)

本発明の目的は、前記オフセット位相誤差の補正あるいは選択励起用高周波磁場の周波数誤差を補正することにある。

〔問題点を解決するための手段〕

上記目的は、超伝導磁石の磁場強度が単調に減衰することを利用し、この減衰率を予め計測しておき、この値を用いて将来の磁場強度を推定することにより達成される。

〔作用〕

超伝導磁石の磁場強度は多くの場合次式で表わすことができる。

$$H(t) = H_0 e^{-t/t_0} \quad \dots (1)$$

ここで、 $H(t)$ は時刻 t における磁場強度、 H_0 は時刻 t の原点における磁場強度、 t_0 は時定数である。(1)式において、2つの時刻 t_1 と t_2 における磁場強度が分かれば、 H_0 、 t_0 を求めることができる。すなわち、

特開昭63-230156(3)

$$H(t_1) = H_0 e^{-t_1/t_0} \quad \dots (2)$$

$$H(t_2) = H_0 e^{-t_2/t_0} \quad \dots (3)$$

が成立するもので、これらの式から次式を得る。

$$t_0 = - \frac{t_1 - t_2}{\ln \{H(t_1)/H(t_2)\}} \quad \dots (4)$$

$$H_0 = H(t_1) e^{\frac{t_1 \ln \{H(t_1)/H(t_2)\}}{t_1 - t_2}} \quad \dots (5)$$

一般には、 t_1 を原点に選ぶのが便利である。

この場合、次式が成立する。

$$t_0 = \frac{t_2}{\ln \{H(0)/H(t_2)\}} \quad \dots (6)$$

この t_0 を(1)式に代入すると、結局、任意の時刻 t における磁場強度は次式で与えられる。

$$H(t) = H(0) e^{\frac{t \ln \{H(0)/H(t_2)\}}{t_2}} \quad \dots (7)$$

次に、時刻 t_1 、 t_2 における磁場強度の求め方について述べる。磁場強度を ppm オーダーの精度で計測するには、NMR を利用するのがこの場合最も都合がよい。すなわち、傾斜磁場を印加し

ると次式が成立する。

$$S_r(x, y) = \{ \rho_1(x, y) \exp(-j\gamma\sigma_1'\tau) + \rho_2(x, y) \exp(-j\gamma\sigma_2'\tau) \} \times \exp(j\theta_r) \quad \dots (9)$$

$$S_c(x, y) = \rho_1(x, y) \exp(-j\gamma\sigma_1\tau) \exp(j\theta_c) \quad \dots (10)$$

ここで、化学シフトの数は 2 本とし、その密度分布を $\rho_1(x, y)$ 、 $\rho_2(x, y)$ 、装置固有のオフセット位相を各々 θ_r 、 θ_c としている。また、基準試料としては、被検者の有する化学シフトの 1 つに等しい共鳴周波数を有する物質を選んでい。いまそれを σ_1 とし、被検体の化学シフトを σ_1' 、 σ_2' としている。 σ_1' 、 σ_2' はこれまで述べたように、基準試料の計測と被検体の計測とで静磁場の値が変化することにより、時間とともに変化する値である。すなわち、

$$\sigma_1' - \sigma_2' = \Delta H \quad \dots (11)$$

$$\sigma_1' - \sigma_2' = \text{const} \quad \dots (12)$$

が成立する。ここで、 ΔH は両者の磁場強度差である。また、 τ は 2 つの化学シフトを分離するために、パルスシーケンスに付与される時間のバラ

ない状態で中心部近辺に置かれた試料からの NMR 信号を計測し、それをフーリエ変換すると第 2 図に示すスペクトルが得られる。スペクトルの中心周波数 f_0 は静磁場と次式の関係式で結ばれる。

$$f_0 = \frac{\gamma}{2\pi} H \quad \dots (8)$$

ここで、 γ は核磁気回転比であり、スピンの固有の値である。従つて、 f_0 を計測することにより(8)式から H が求まることになる。 f_0 の値は、信号の検波に用いる参照波の周波数とスペクトルの帯域により高精度で求めることができる。

以上述べたように、少なくとも 2 つの時刻における磁場強度を計測すれば、将来の磁場強度を予測できる。さて、このようにして求めた磁場強度の値を用いて化学シフトイメージングにおける位相誤差あるいは選択励起用高周波磁場の周波数誤差を補正する方法について述べる。

まず前者の場合について説明する。基準試料像を $S_r(x, y)$ 、被検体像を $S_c(x, y)$ とす

メータである。

(9)式と(10)式から次式が成立する。

$$S_c S_r^* = |S_r| \{ \rho_1(x, y) + \rho_2(x, y) \exp(-j\gamma\tau(\sigma_2' - \sigma_1')) \times \exp(-j\gamma\tau(\sigma_1 - \sigma_1')) + j\theta_c - \theta_r \} \quad \dots (13)$$

ここで、 S_r^* は S_r の複素共役を表わす。(13)式において、 $\sigma_2' - \sigma_1'$ は被検体だけの性質で決まり、通常 $\gamma(\sigma_2 - \sigma_1') = \pi/2$ に設定される。また、 $\theta_c - \theta_r$ は装置固有のオフセット位相であり、これは $\tau = 0$ の時の信号から求めることができる。結局、 $\exp(j\gamma\tau(\sigma_1 - \sigma_1')) = \exp(j\gamma\tau\Delta H)$ がオフセット位相として、静磁場に関係する量となる。この ΔH を(7)式で述べた予測値から算出し、それから $\exp(-j\gamma\tau\Delta H)$ を求めて(13)式に掛合せると、静磁場の変動を補正した像が得られることになる。

次に後者の選択励起用高周波磁場の周波数誤差を補正する方法について説明する。選択励起とは特定の周波数成分を含むように変調した高周波磁場を印加し、特定の共鳴周波数を有するスピンだ

特開昭63-230156(4)

けを励起することである。例えば、第3図に示すようなスペクトルを有する物質には2本のピーク f_1 と f_2 が存在し、 f_1 に対応する像のみを得たいとする。この時、第3図の点線に示す周波数特性を有する高周波磁場で被検者を励起すると、 f_1 に対応するスピンのみが励起され、 f_2 に対応するスピンからは信号が生じない。従つて、 f_1 に対応するスピンの分布を映像化できる。しかし、この f_1 は静磁場に比例しているため、静磁場が変動すれば f_1 も変動する。そのため、計測に先だつて f_1 を計測することが必要である。そこで、先に述べたように磁場強度が予測できれば、被検者の計測毎に f_1 を計測する手間が省けることになる。なお、 ΔH は(7)式から求まるので、これを(8)式に代入すれば周波数の補正域が求められる。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。第1図は本発明の一実施例である検査装置の構成図である。図において、1は計算機、

る。

メモリ19には(4)式および(5)式に示す t_0 および H_0 が格納されており、計算機1はこの値をメモリ19からロードし、(7)式に示す $H(t)$ を計算する。次にこの値を用いて、 $\exp(-j\gamma t \Delta H)$ を計算し、(13)式に掛合せる。得られた画像を表示すれば、静磁場の変動によるオフセット位相を除去できる。

以上述べた処理フローを第4図に示す。なお、図中点線で囲んだ部分は t_1 、 t_2 における $H(t)$ を計測し、それから t_0 と H_0 を求める前処理を示してある。また自明のことであるが、 t_0 と H_0 を求めるために磁場強度を計測する点は、本発明において述べた2点に限らず、3点以上の点を用いることもでき、その場合には最小2乗法などを併用すればよい。さらに磁石の線材によつては、磁場強度が(1)式で表わされるような単一の指数関数ではないことも考えられる。この場合には計測点を多項式で近似し、それを用いて外挿することも可能である。

2は高周波パルス発生器、3は電力増幅器、4は高周波磁場を発生させると同時に対象物質16から生ずる信号を検出するためのコイル、5は増幅器、6は検波器である。また、8、9および10はそれぞれ z 方向およびこれに直角の方向の傾斜磁場を発生させるコイル、11、12、13はそれぞれ上記コイル8、9、10を駆動する電源部である。

計算機1は各装置に種々の命令を一定のタイミングで出力する機能をも有するものである。高周波パルス発生器2の出力は電力増幅器3で増幅され、上記コイル4を励磁する。該コイル4は前述の如く巻線コイルを兼ねており、受信された信号成分は増幅器5を通り検波器6で検波後、計算機1に入力され信号処理後ディスプレイ7で画像に変換される。

なお、静磁場の発生は電源15により駆動されるコイル14で行う。検査対象物質体である人体16はベッド17上に設置され、上記ベッド17は支持台18上を移動可能なように構成されてい

〔発明の効果〕

本発明によれば、静磁場、傾斜磁場および高周波磁場内におけるNMR現象を利用する検査装置において、静磁場の変動により生じるオフセット位相誤差あるいは選択励起用高周波磁場の周波数誤差を補正するようにしたので、化学シフト像を高精度で得るのに効果がある。

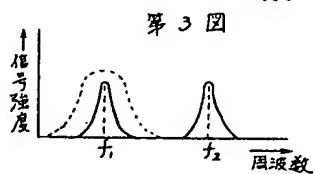
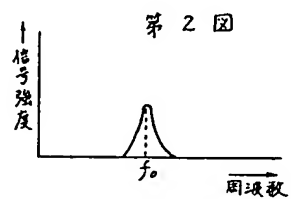
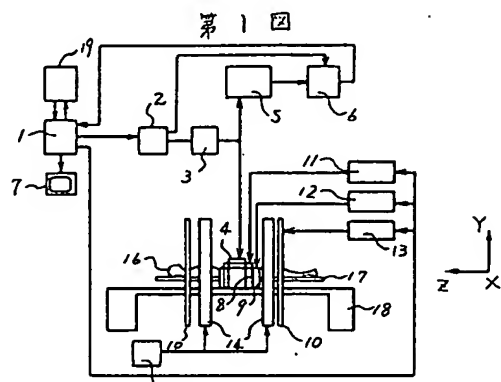
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例であるNMRイメージング装置の構成図、第2図、第3図は本発明の原理を説明するための信号波形図、第4図は画像処理の手順を示す処理フロー図である。

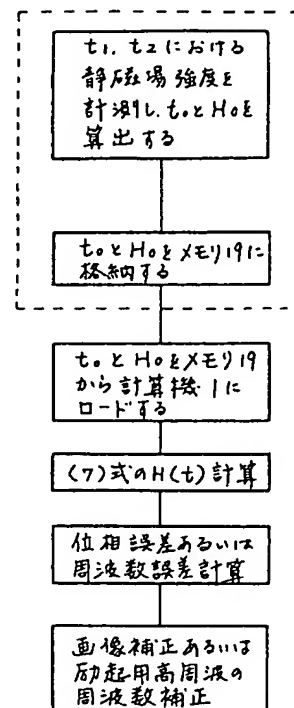
代理人 弁理士 小川勝男



特開昭63-230156(5)



第4図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.